

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003047300 A**

(43) Date of publication of application: **14.02.03**

(51) Int. Cl.

H02P 21/00
H02P 6/06

(21) Application number: **2001230316**

(22) Date of filing: **30.07.01**

(71) Applicant: **TOYOTA MOTOR CORP**

(72) Inventor:
KITAMURA MANABU
IGA KIYOSHI
URANO HIROAKI

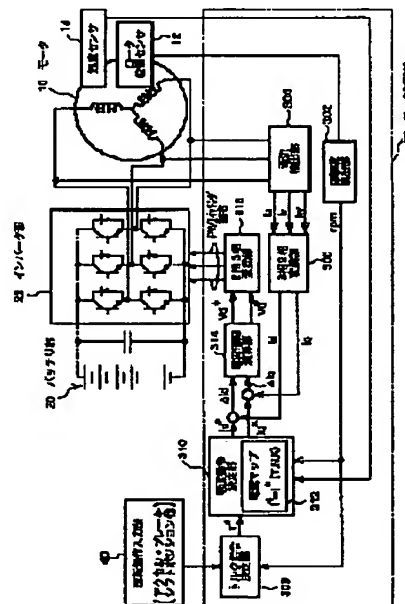
(54) DEVICE AND METHOD FOR CONTROLLING MOTOR

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To relax the efficiency drop of a motor caused by temperature rise.

SOLUTION: This controller is provided with a temperature sensor 14 which measures the temperature of a motor 10. A current command determinator 310 is provided with a current map 312 where the motor temperature K is taken into consideration. The current command determinator 310 reads out current command values I_d^* and I_q^* on each axis d and q geared to a torque command value T^* , motor revolution N, and motor temperature K from the current map 312. Based on these current command values, a switching command for pulse width modulation is generated by a current control computer 314 and a two-phase and three-phase converter 316, and an inverter part 22 is controlled, according to this switching command.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-47300
(P2003-47300A)

(43)公開日 平成15年2月14日(2003.2.14)

(51)Int.Cl.⁷H02P 21/00
6/06

識別記号

FI

H02P 5/408

6/02

テームト* (参考)

C 5H560

H 5H576

341H

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全5頁)

(21)出願番号 特願2001-230316(P2001-230316)

(22)出願日 平成13年7月30日(2001.7.30)

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 北村 学

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 伊賀 清

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74)代理人 100075258

弁理士 吉田 研二 (外2名)

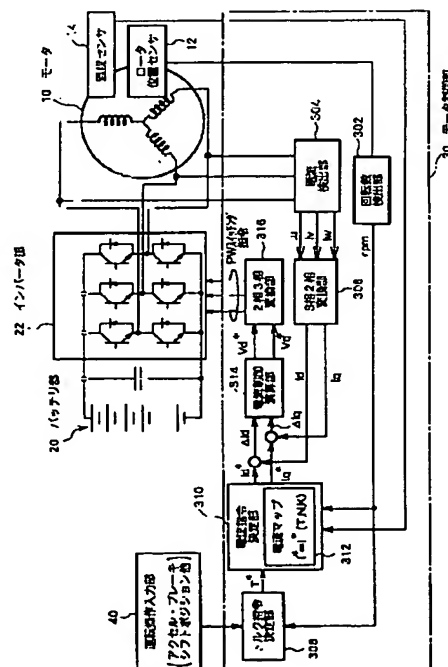
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 モータ制御装置及び方法

(57)【要約】

【課題】 温度上昇によるモータの効率低下を緩和する。

【解決手段】 モータ10の温度を測定する温度センサ14を設ける。電流指令決定部310には、モータ温度Kを考慮した電流マップ312を設ける。電流指令決定部310は、トルク指令値 T^* 、モータ回転数N、モータ温度Kに応じたd、q各軸の電流指令値 I_d^* 、 I_q^* をその電流マップ312から読み出す。これら電流指令値に基づき、電流制御演算部314及び2相3相変換部316により、パルス幅変調のスイッチング指令が生成され、このスイッチング指令に応じてインバータ部22が制御される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 トルク指令値、モータ回転数及びモータ温度の組合せに対応する適切なd軸電流及びq軸電流の組合せを保持した電流マップと、モータの回転数を求めるモータ回転数検出手段と、モータの温度を検出する温度センサと、を備え、トルク指令値と、前記モータ回転数検出手段で求められたモータ回転数と、前記温度センサで求められたモータ温度と、の組合せに対応するd軸電流及びq軸電流を前記電流マップから求め、これらd軸電流及びq軸電流を電流指令値としてモータを制御するモータ制御装置。

【請求項2】 前記電流マップは、各モータ温度毎に、モータ電圧が当該モータの電圧限界を超えない範囲で利用可能な電流進角の範囲を利用したものであることを特徴とする請求項1記載のモータ制御装置。

【請求項3】 前記電流マップは、トルク指令値、モータ回転数及びモータ温度の組合せの下で、モータの効率が最大となるd軸電流及びq軸電流の組合せを保持することを特徴とする請求項1記載のモータ制御装置。

【請求項4】 モータ温度を考慮した電流マップを用い、与えられる指令値とモータに設けた温度センサから得られたモータ温度との組合せに対応した電流指令値を前記電流マップから読み出し、読み出した電流指令値を用いてモータを制御するモータ制御方法。

【請求項5】 前記電流マップは、各モータ温度毎に、モータ電圧が当該モータの電圧限界を超えない範囲で利用可能な電流進角の範囲を利用したものであることを特徴とする請求項4記載のモータ制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はモータ制御に関し、特に温度上昇による効率低下を回避するための技術に関する。

【0002】

【従来の技術】モータを高速回転させるときの問題点として次のような問題点が知られている。第1は、高速回転により磁束の変動が激しくなって鉄損が増大し、この損失増大によるモータの温度上昇により、モータの効率が下がってしまうという問題である。この問題が生じるのは次のような理由からである。

【0003】周知のように、モータの効率 η は次式で求められる。

$$\eta = T N / I V \psi \quad \cdots (1)$$

(T: 出力トルク、N: 回転数、I: 入力電流、V: 入力電圧、 ψ : 力率)

【0004】一方、磁石の残留磁束密度Brは次の式で求められる。

$$B_r = B_0 \{ 1 - K_m (K - K_0) \} \quad \cdots (2)$$

(B₀: 基準温度K₀における磁石の残留磁束密度、K:

磁石の温度、K_m: 磁石の温度係数>0)

【0005】さてここで、鉄損が増大するとモータの鉄心の温度が上昇する。温度が上昇すると、上記(2)式から分かるように、磁石の磁束が弱くなる。一般にトルクTと磁束Bが比例し、Tと入力電圧の自乗V²が比例するので、磁束が低下すると、上記(1)式から、温度上昇によりモータの効率 η が低下することが分かる。以上が、高速回転にモータ効率が低下するメカニズムである。

【0006】また、高速回転時の別の問題点として、逆起電圧を下げるために、d-q座標系でのベクトル制御における電流進角を進めることで、モータの出力トルクが下がるという問題がある。すなわち、モータには、それ以上の電圧ではモータ出力が得られない電圧限界が存在するが、高速回転時の逆起電圧の上昇に応じて入力電圧を上げていくと、その電圧限界を超えてしまうため、電流進角を進めることでこれを防ぐ制御が行われていた。しかしながら、このように進角を進めると、出力トルクが落ちるといふ副作用があった。

【0007】このような効率やトルクの低下を避けるため、従来、高温時にはモータ出力を制限する制御が行われていた。また、特開2000-32602号公報には、力行制御時と回生制御時とで、出力制限の開始温度を異ならせることで、発熱を効果的に抑制する技術が示されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】この従来方式は、確かにモータの性能を満足しつつ高速運転等を可能にするという点では効果があったものの、モータ出力が制限されるため本質的な解決とはいえなかった。

【0009】本発明はこのような問題に鑑みなされたものであり、モータ温度上昇時でも、出力制限という手段によらず、効率の低下を防止又は緩和できるモータ制御装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係るモータ制御装置は、トルク指令値、モータ回転数及びモータ温度の組合せに対応する適切なd軸電流及びq軸電流の組合せを保持した電流マップと、モータの回転数を求めるモータ回転数検出手段と、モータの温度を検出する温度センサと、を備え、トルク指令値と、前記モータ回転数検出手段で求められたモータ回転数と、前記温度センサで求められたモータ温度と、の組合せに対応するd軸電流及びq軸電流を前記電流マップから求め、これらd軸電流及びq軸電流を電流指令値としてモータを制御する。

【0011】また本発明に係るモータ制御方法は、モータ温度を考慮した電流マップを用い、与えられる指令値とモータに設けた温度センサから得られたモータ温度との組合せに対応した電流指令値を前記電流マップから読

み出し、読み出した電流指令値を用いてモータを制御するものである。

【0012】好適な態様では、前記電流マップは、各モータ温度毎に、モータ電圧が当該モータの電圧限界を超えない範囲で利用可能な電流進角の範囲を利用したものであることを特徴とする。

【0013】好適な態様では、前記電流マップは、トルク指令値、モータ回転数及びモータ温度の組合せの下で、モータの効率が最大となるd軸電流及びq軸電流の組合せを保持することを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態（以下実施形態という）について、図面に基づいて説明する。

【0015】まず、図1及び図2を参照して、本実施形態のモータ制御の原理について説明する。

【0016】図1は、モータの発生するトルク T と、モータへの入力電流 I の進角 θ との関係（トルク-進角特性という）を示す図であり、温度 $K1$ （常温）のときの特性を示すグラフ102と、温度 $K2$ （高温、 $K1 < K2$ ）のときの特性を示すグラフ104を示している。トルク T は、進角 θ 以外にも、モータの回転数 N （回転角速度と等価）や入力電流 I の大きさなどにも左右されるが、図1では、進角 θ 以外の条件、すなわち回転数 N や電流 I など、が一定である場合を示している。

【0017】ここで、進角 θ は、図3に示すように、入力電流 I が二相回転磁束座標系（ dq 座標系）の q 軸に対してなす角度 θ のことである。入力電流 I は、電流の d 軸成分 I_d と q 軸成分 I_q の組で表されるベクトル量となっている。

【0018】図1に示すように、一般に、進角 θ を0から進めるにつれてトルク T は徐々に上昇し、進角 $\theta = \theta_3$ でピークを示し、 θ_3 を超えて更に進角 θ を進めるとトルク T は減少していく。そして、グラフ102とグラフ104を比較すれば、モータ温度 K が上昇すると、全体的にトルク T が減少することが分かる。

【0019】一方、図2は、モータへの入力電圧 V と、モータへの入力電流の進角 θ との関係を示す図であり、常温 $K1$ のときの特性を示すグラフ202と高温 $K2$ のときの特性を示す204を示している。グラフ202とグラフ204を比較すれば分かるように、一般にモータ温度 K が上昇すると、モータの電圧 V が下がる。

【0020】図1及び図2に示したように、高速回転などによりモータの温度が上昇すると、モータのトルク T や電圧 V が下がる。その一方で、モータの電圧限界 V_{th} は、モータ温度 K が変化しても変化しない。モータの入力電圧 V がこの電圧限界 V_{th} を超えるとモータ出力が得られない。

【0021】したがって、図2から分かるように、モータ温度 K が $K1$ の時にはモータの稼働範囲は $\theta > \theta_1$ の範囲であるのに対し、温度が上昇して温度が $K2$ になる

と、 $\theta > \theta_2$ ($\theta_2 < \theta_1$) という、より広い進角の範囲でモータを稼働させることができる。

【0022】そして、図1において、温度 $K2$ 、進角 θ_2 のときのトルクが、温度 $K1$ 、進角 θ_1 のときのトルクよりも大きいトルクことから分かるように、高温時の方が、利用できる進角範囲の増大により、低温時よりも大きなトルクが得られる場合が出てくる。

【0023】ところが、従来は、このようなことを考慮せず、モータ温度によらず進角の限界を常温時の限界 θ_1 のまま一定として、モータを制御しており、それが高温時でのトルクや効率の低下を招いていた。

【0024】これに対して本発明では、モータ温度に応じたモータのトルク-進角特性や電圧-進角特性の変化に応じて、常温時よりも大きいトルクが得られる進角範囲が存在する場合には、その範囲の進角を積極的に利用する。

【0025】例えば、図1の例において、常温時（温度 $K1$ ）では進角 θ_1 が限界だったので、そのときのトルク $T1$ より大きいトルクを得たい場合、入力電流 I 自体を増大させるなどの対処が必要であったのに対し、高温時（温度 $K2$ ）ではトルク $T2$ ($T2 > T1$) までなら入力電流 I を増大させなくてもよくなる。これにより、モータの効率を上昇させることができる。

【0026】このように本実施形態では、各モータ温度ごとのトルク-進角特性や電圧-進角特性を考慮して、トルク指令やモータ回転数を満足させるために、そのときのモータ温度で最も効率のよい進角を採用する。

【0027】具体的には、この考え方に沿って、電流マップ $I_d^* = I_d^*(T, N, K)$ 及び $I_q^* = I_q^*(T, N, K)$ を作成する。そして、各時点でのトルク指令値 T^* 、モータ回転数 N 、及びモータ温度 K から、これら電流マップを用いて d 軸電流指令 I_d^* と q 軸電流指令 I_q^* を求め、これら各軸電流指令を用いてモータへの供給電力を制御する。すなわち、従来はトルク指令と回転数しか考慮しない電流マップ $I^* = I^*(T, N)$ を用いていたのに対し、本実施形態では、モータ温度まで考慮したマップを用いる。

【0028】本実施形態の電流マップから求められる電流指令の組 I_d^* 、 I_q^* は、上記のように、与えられるモータ温度、モータ回転数の条件の下で、トルク指令を最も効率よく（すなわち例えば最も小さい入力電流 I で）実現するものとなっている。

【0029】以上、本実施形態のモータ制御の原理を説明した。次に、図4を参照して、この原理を利用したモータ制御システムの例を説明する。

【0030】図4に示すシステムは、電気自動車又はハイブリッド車における駆動用モータの制御機構を示している。図に示すように、本実施形態では、モータ10に対して、ロータ位置センサ12に加え、モータ温度を測定する温度センサ14が設けられている。

【0031】モータ制御部30において、回転数検出部302は、ロータ位置センサ12の出力に基づき、モータ10の回転数 N を求める。求められた回転数 N は、トルク指令決定部308及び電流指令決定部310に入力される。電流検出部304は、モータ10に入力される u, v, w の各相の電流 I_u, I_v, I_w を検出する。検出した各相電流は3相2相変換部306により、 dq 座標系での電流値 I_d, I_q に変換される。

【0032】運転操作入力部40は、アクセルペダルやブレーキペダルの踏み込み角度、シフトポジションなど、車両の運転状態に対する運転者の指示情報を取得する。

【0033】トルク指令決定部308は、これら指示情報とモータ回転数 N に応じて、モータ10に対するトルク指令値 T^* を決定する。トルク指令値の決定の仕方は、従来と同様でよい。

【0034】電流指令決定部310は、このトルク指令値 T^* 、モータ回転数 N 、及び温度センサ14から取得したモータ温度 K に対応した、適切な d 軸電流指令値 I_d^* 、 q 軸電流指令値 I_q^* を決定する。この決定では、このシステムに対して予め作成した電流マップ $I_d^* = I_d^*(T, N, K)$ 及び $I_q^* = I_q^*(T, N, K)$ を用い、そのマップから現在の T^*, N, K に対応した電流指令値 I_d^*, I_q^* を読み出せばよい。

【0035】このようにして求められた電流指令値 I_d^*, I_q^* から、3相2相変換部306で求められた現在の d, q 軸電流 I_d, I_q がそれぞれ減算され、その差分（誤差信号） $\Delta I_d, \Delta I_q$ が電流制御演算部314に入力される。電流制御演算部314は、それら誤差 $\Delta I_d, \Delta I_q$ を解消するように、 d 軸及び q 軸の電圧指令値 V_d^*, V_q^* を算出する。2相3相変換部316は、これ

ら dq 座標系での電圧指令値 V_d^*, V_q^* を、3相交流での値に変換し、この変換結果に応じたPWM（パルス幅変調）のスイッチング指令をインバータ部22に与える。インバータ部22は、バッテリー部20の直流電力をそのスイッチング指令に応じて3相交流に変換し、モータ10に供給する。これにより、モータ10の温度に応じて、効率の良いモータ運転がなされる。

【0036】以上説明したように、本実施形態によれば、その時々でのモータ温度に応じた適切な d 軸、 q 軸電流指令を求めることができる。また本実施形態によれば、モータ温度の上昇により、常温時より大きなトルクが得られる進角範囲を積極的に利用することで、常温時よりも小さい入力電流 I で所望のトルクを得ることができるので、高温時のモータ効率の低下を緩和し、従来よりもモータ効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 各温度でのトルク－進角特性を説明する図である。

【図2】 各温度での電圧－進角特性を説明する図である。

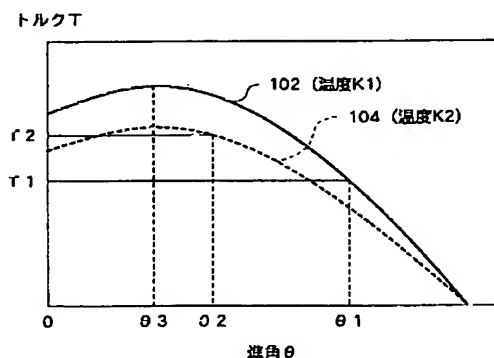
【図3】 進角を説明するための図である。

【図4】 本発明に係るモータ制御装置を適用したシステムの一例を示す機能ブロック図である。

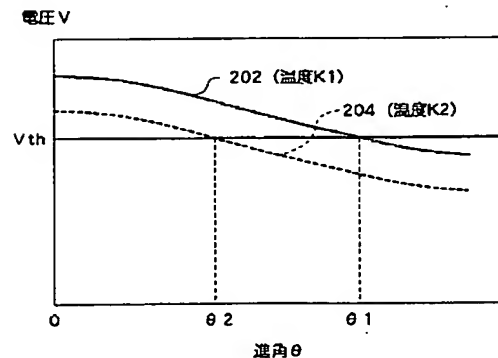
【符号の説明】

10 モータ、12 ロータ位置センサ、14 温度センサ、20 バッテリー部、22 インバータ部、30 モータ制御部、40 運転操作入力部、302 回転数検出部、304 電流検出部、306 3相2相変換部、308 トルク指令決定部、310 電流指令決定部、312 電流マップ、314 電流制御演算部、316 2相3相変換部。

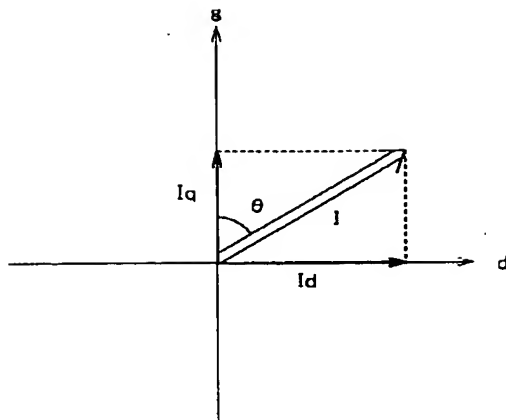
【図1】



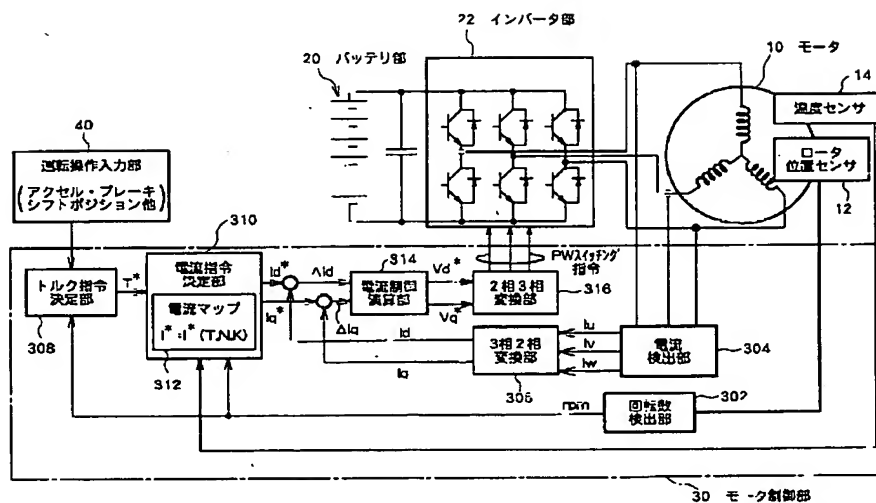
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(72)発明者 浦野 広暁
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 5H560 AA08 BB04 BB12 DA00 DA20
DC05 DC12 EB01 GG04 JJ16
RR04 SS02 XA02
5H576 AA15 BB01 BB02 CC02 DD07
EE01 EE11 GG04 HA02 HB01
KK04 LL01 LL22 LL41 LL45
MM12